不同葡萄籽酿酒残渣水平全混合日粮在育肥羊瘤胃内的有效降解率

高新梅　张　帆　唐　福　贾春云　杨振华　高　巍

（石河子大学动物科技学院, 石河子 832000）

摘　要：本试验旨在评定不同葡萄籽酿酒残渣水平全混合日粮（TMR）在育肥羊瘤胃内的有效降解率。选取 3 只安装永久性瘤胃瘘管、平均体重为（35.0±3.7） kg 的哈萨克去势公羊作为试验动物，共进行 5 期试验，各期分别以 5 种不同葡萄籽酿酒残渣水平[0(TMR1)、4.17%(TMR2)、8.33%(TMR3)、12.50%(TMR4)、16.67%(TMR5)]的 TMR 进行瘤胃灌注试验，按葡萄籽酿酒残渣水平由低到高依次进行。每期 15 d，其中第 1~7 天为预试期，第 8~12 天为连续灌注期，第 13~15 天为采样期。同时在每期的第 13~15 天进行尼龙袋试验。采用醋酸镱（Yb-ac）作为食糜标记物，绘制浓度衰减曲线并利用非线性回归法来拟合外流速度；评定干物质（DM）、有机物（OM）及粗蛋白质（CP）的降解动力学参数，计算瘤胃有效降解率。结果表明，葡萄籽酿酒残渣水平与瘤胃食糜外流速度之间呈显著正相关的直线关系（r=0.607 0,P<0.05）；DM、OM 和 CP 的有效降解率均随着 TMR 葡萄籽酿酒残渣水平的增加而先下降后趋于稳定或略有上升，TMR4 组和 TMR5 组均显著低于 TMR1 组（P<0.05）;5 种 TMR 均为瘤胃能氮负平衡型，瘤胃能氮平衡(RENB)值均随葡萄籽酿酒残渣水平的增加呈线性下降趋势（P=0.005 5）。总之，育肥羊 TMR 中葡萄籽酿酒残渣的适宜水平为 8.33%~12.5%。

关键词：外流速度；瘤胃降解率；有效降解率；瘤胃能氮平衡；育肥羊

中图分类号：S826

随着畜牧业的发展，饲料资源在基本得到充分利用的同时已普遍缺乏。葡萄是世界上普遍栽培的水果之一，我国年产葡萄约 500 万 t，而新疆维吾尔族自治区是主要的葡萄生产地。所得葡萄果实中，80%用于酿酒，13%用于鲜果食用，7%用于加工果汁等，葡萄籽是葡萄工业生产的副产品。葡萄籽干物质（DM）约占鲜果质量的 4%~7%，按此计算，则全世界葡萄加工副产品葡萄籽拥有量约为 380 万 t(按 5%计算)，我国拥有量约为 48.5 万 t[1]，具有很大的利用空间。

目前，国内外对葡萄渣和葡萄籽及其加工产品开发利用的研究报道很多，葡萄籽残渣在

收稿日期：2017-10-16
基金项目：国家自然基金项目（31260557）；兵团博士资金专项（2013BB018）
作者简介：高新梅（1993-），女，新疆塔城人，研究方向为反刍动物营养。E-mail： 25266125@qq.com
*通信作者：高　巍，教授，硕士生导师，E-mail: gw@shzu.edu.cn

畜牧养殖方面上的应用也有一些报道，吴建敏等[2]利用葡萄籽残渣代替部分玉米、麸皮和豆粕进行奶牛的饲养试验，发现葡萄籽残渣在奶牛精饲料中适宜水平为10%左右；张鹏等[3]在饲粮中添加不同水平葡萄籽粉替代玉米，发现在基础饲粮中使用葡萄籽粉替代7%玉米对成年母羊的增重效果和经济效益最佳。本试验所用葡萄籽酿酒残渣是新疆维吾尔族自治区石河子市西部牧业公司所提供用葡萄籽酿造白酒后的副产物，本课题组对其营养价值评定发现，非纤维碳水化合物的含量仅为2.64%，不可利用纤维含量达到34.18%，所能提供的有效能值相应偏低；粗蛋白质（CP）含量为14.2%，小部分可溶性的蛋白质被瘤胃降解后，剩余的大部分蛋白质为结合蛋白质（CP中58.17%），进入小肠后，蛋白质中氨基酸（AA）的消化率均很低[4]。这表明葡萄籽酿酒残渣可以作为反刍动物的粗饲料开发利用，但其适宜用量尚不清楚。因此，本试验设计了5种葡萄籽酿酒残渣水平的全混合日粮（TMR），测定育肥羊瘤胃食糜的外流速度和营养物质的瘤胃降解动力学参数，研究葡萄籽酿酒残渣水平对TMR营养物质有效降解率的影响，以期明确该原料在育肥羊TMR中的适宜水平，为其在育肥羊饲养中开发利用提供试验依据。

1 材料与方法

1.1 葡萄籽酿酒残渣

本试验所用葡萄籽酿酒残渣由新疆维吾尔族自治区石河子市西部牧业公司提供，为葡萄籽采用“葡萄籽酒精固态发酵—综合提取罐—浸出、分馏、层析纯化”工艺酿造葡萄酒后所剩余的残渣,其营养水平见表1。

表1 葡萄籽酿酒残渣营养水平（风干基础）

Table 1 Nutrient levels of brewing residue of grape seed （air-dry basis， n=3） %

项目 Item	干物质 DM	粗蛋白质 CP	粗脂肪 EE	粗灰分 Ash	中性洗涤纤维 NDF	钙 Ca	磷 P
葡萄籽酿酒残渣 Brewing residue of grape seed	92.43±0.11	11.91±0.21	6.39±0.10	4.71±0.29	69.41±3.69	1.08±0.06	0.26±0.01

1.2 试验TMR

根据NRC(1985)所推荐的育肥羊营养需要，设计5种不同葡萄籽酿酒残渣水平[0(TMR1)、4.17%(TMR2)、8.33%(TMR3)、12.50%(TMR4)、16.67%(TMR5)]但等能等氮的TMR，试验TMR组成及营养水平见表2。

表2 试验TMR组成及营养水平（风干基础）

Table 2 Composition and nutrient levels of experimental TMRs (air-dry basis) %

项目 Items	全混合日粮1 TMR1	全混合日粮 2 TMR2	全混合日粮 3 TMR3	全混合日粮 4 TMR4	全混合日粮 5 TMR5
原料 Ingredients					
小麦秸 Wheat straw	20.92	20.92	20.92	20.92	20.92
棉籽壳 Cottonseed hulls	8.36	8.36	8.36	8.36	8.36
苜蓿草粉 Alfalfa meal	29.29	29.16	29.16	29.16	29.16
玉米粉 Corn flour					1.67
商品精料 Commercial concentrate	41.43	37.40	33.17	29.00	23.08
葡萄籽酿酒残渣 Brewing residue of grape seed		4.16	8.33	12.50	16.67
尿素 Urea			0.06	0.06	0.14
合计 Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
营养水平 Nutrient levels					
消化能 DE/（MJ/kg）	10.46	10.42	10.33	10.29	10.19
粗蛋白质 CP	12.6	12.5	12.8	12.6	12.5
中性洗涤纤维 NDF	45.6	48.4	51.2	54.0	56.9
酸性洗涤纤维 ADF	33.35	35.93	38.61	41.29	43.92
钙 Ca	0.76	0.79	0.81	0.83	0.85
总磷 TP	0.43	0.43	0.42	0.41	0.40

每千克精饲料含有 One kg of concentrate the following:玉米 corn 649 g，小麦麸 wheat bran 39 g，豆粕 soybean meal 64 g，棉籽壳 cottonseed meal 200 g，磷酸氢钙 $CaHPO_4$ 2 g，石粉 limestone 18 g，食盐 NaCl 8 g，小苏打 $NaHCO_3$ 5 g，预混料 premix 15 g。预混料为每千克 TMR 提供 The premix provided the following per kg of TMRs:Zn 50 mg，Fe 80 mg，Mn 40 mg，Cu 19 mg，Co 0.25 mg，I 0.8 mg，Se 0.30 mg，VA 10 000 IU，VD_3 300 IU，VE 200 IU。

[2)] 计算值 Calculated values.

1.3 试验动物与饲养管理

选取 3 只当年出生的哈萨克去势公羊，体重为（35±3.7） kg，代谢笼内单笼饲养，经隔离检疫、肌注阿维菌素驱虫后，手术安装永久性瘤胃瘘管。试验在石河子大学动物科技学院营养代谢实验室中进行。在试验开始前，所有的羔羊自由采食 TMR1，每只羔羊每日自由采食量超过 1 400 g（DM）。为了避免饲料剩余，试验期内育肥羊按 1 200 g/d 饲喂，08:00、20:00 各等量饲喂 1 次，自由饮水。

1.4 试验设计

以 3 只公羊进行 5 期试验，各期分别以 5 种不同葡萄籽酿酒残渣水平的 TMR 进行瘤胃灌注试验，按 TMR 葡萄籽酿酒残渣水平由低到高依次进行。每期 15 d，其中第 1~7 天为预试期，第 8~12 天为连续灌注期，第 13~15 天为采样期。同时在每期的第 13~15 天进行尼龙

袋试验。

1.5 试验方法

1.5.1 瘤胃灌注试验

连续灌注期内，以醋酸镱四水合物[纯度 99.99%,购自萨恩化学技术（上海）有限公司]为瘤胃食糜标记物，按 100 mg/d 镱（Yb）的灌注量配制醋酸镱（Yb-ac）溶液 500 mL（取 1 mL 待测 Yb 浓度），经瘤胃瘘管灌注,采用蠕动泵全天 24 h 不间断灌注。

采样期内，在停止灌注后的 0、2、4、8、12、24、36、48、60 和 72 h 各采集瘤胃食糜 50 mL，60 ℃烘干后粉碎取样，用电感耦合等离子体原子发射光谱法（ICP-AES）测定配制好的 Yb-ac 溶液及食糜样品中 Yb 的浓度。绘制浓度衰减曲线，利用非线性回归（NLIN）法来拟合其瘤胃食糜外流速度。

1.5.2 尼龙袋试验

采用尼龙袋法测定 5 种 TMR 的 DM、有机物（OM）和 CP 在育肥羊瘤胃的动力学参数。采用尺寸为 5 cm×8 cm、孔径为 40~50 μm 的尼龙袋，且尼龙袋中的待测定的样本即为试验 TMR。精确称量 2.5 g 样品装于尼龙袋中，用尼龙线扎口并绑在铁链上。每条铁链共绑 9 个尼龙袋，在试验期第 13 天晨饲前通过瘘管将尼龙袋投放在瘤胃腹囊中，并将铁链末端的尼龙线用夹子固定于羊毛上,防止掉入瘤胃中。投放后分别于 2、4、8、12、24、36、48、60、72 h 从 3 只试验羊瘤胃中各取出 1 个尼龙袋，用自来水冲洗干净后－20 ℃冷冻保存。待全部尼龙袋取完后，再在水龙头下用自来水反复冲洗至水澄清为止。0 时刻尼龙袋不放入瘤胃中，按照上述洗涤方法冲洗后冷冻保存、待测。按杨胜[5]的方法测定各时间点尼龙袋残渣中的 DM、OM、CP 含量。

1.6 计算公式

1.6.1 瘤胃食糜外流速度

瘤胃食糜的外流速度由瘤胃内容物中 Yb 浓度下降曲线来确定，数学模型如下：

$$b=C_0\times e^{-kt}。$$

式中：b 为 t 时刻瘤胃内容物中 Yb 的浓度（mg/kg）；C_0 为零时间点瘤胃内容物中的 Yb 浓度（mg/kg）；t 为停止灌注后的时间（h）；k 为瘤胃食糜的外流速度（%/h）；e 为自然对数的底。根据不同时间点食糜中的 Yb 浓度采用 SAS 8.01 软件[6]中的 NLIN 过程错位法

（DUD）来拟合 Yb 浓度下降曲线方程，求出各项参数。

1.6.2 瘤胃降解动力学参数

TMR 的 DM、OM、CP 的瘤胃降解动力学参数采用 SAS 8.01 软件[6]中 NLIN 过程 Marquadt 方法拟合。按Ørdkov 等[7]方法计算 DM、OM 及 CP 在瘤胃内的有效降解率，计算公式为：

$$ED=a+(b\times K_d)/(K_d+K_p)。$$

式中：ED 为有效降解率（%）；a 为快速降解组分含量（%）；b 为慢速降解组分含量（%）；K_d 为慢速降解组分的降解速率（%/h）；K_p 为瘤胃食糜的外流速度（%/h）。下式同。瘤胃降解动力学参数采用 SAS 8.01 软件[6]中 NLIN 过程 Marquadt 方法拟合。

采用以下公式计算 DM 在瘤胃内的有效停留时间：

$$\text{DM 在瘤胃内的有效停留时间（h）}=(100-a-b)/K_p+b/(K_d+K_p)。$$

1.6.3 瘤胃能氮平衡（RENB）

法国农业科学研究院(INRA)指出，每千克可发酵有机物(FOM)可产生23.2 g微生物氮或145 g微生物蛋白质(MCP)。依据RENB理论，按瘤胃可降解蛋白质(RDP)转化为MCP的效率为0.9计算，RENB值的计算公式如下：

RENB值(g/kg)=根据FOM估测的MCP-根据RDP估测的MCP[8]。

MCP转化率的计算公式如下：

MCP转化率（%）=3.568 5-0.841 4ln[RDP(g)/FOM(kg)]

1.7 数据处理与统计分析

采用 SAS 8.01 软件[6]中的相关（CORR）过程对 TMR 葡萄籽酿酒残渣、NDF、ADF 水平与外流速度之间进行直线相关分析，再用回归（REG）过程进行直线回归分析。TMR 的 DM、OM、CP 在瘤胃中的动态降解率采用混合线性模型（PROC MIXED）程序进行重复性测量数据方差分析。瘤胃降解动力学参数和 DM 在瘤胃内的有效停留时间采用 PROC ANOVA 程序进行方差分析。P<0.05 为差异显著,P<0.01 为差异极显著。FOM、RDP、RENB 值及有效降解率采用对照（GLM CONTRAST）语句进行线性和二次曲线趋势分析。

2 结果与分析

在整个试验过程中所有的试验羊都是健康的，正常消耗了定量供给它们的 TMR，少有余料，在试验结束后 3 只试验羊平均体重为（39.0±2.3） kg。

2.1　瘤胃食糜外流速度

瘤胃食糜中Yb浓度随时间呈递降趋势，48 h后趋于0（图1）。

葡萄籽酿酒残渣水平与外流速度之间呈显著正相关的直线关系（r=0.607 0,P<0.05），模型为：y=0.428 61x（R^2=0.736 0），其变化规律为外流速度随葡萄籽酿酒残渣水平的提高而升高，其中TMR1组与TMR5组之间差异显著(P<0.05)，其他TMR组之间差异不显著(P>0.05)（表3）；NDF水平与外流速度之间也呈显著正相关的直线关系（r=0.607 0,P<0.05），模型为：y=0.0.098 62x（R^2=0.987 2），表明外流速度随NDF水平的提高而升高；ADF水平与外流速度之间呈显著正相关直线关系（r=0.605 0，P<0.05），模型为：y=0.130 58x,R^2=0.987 1。

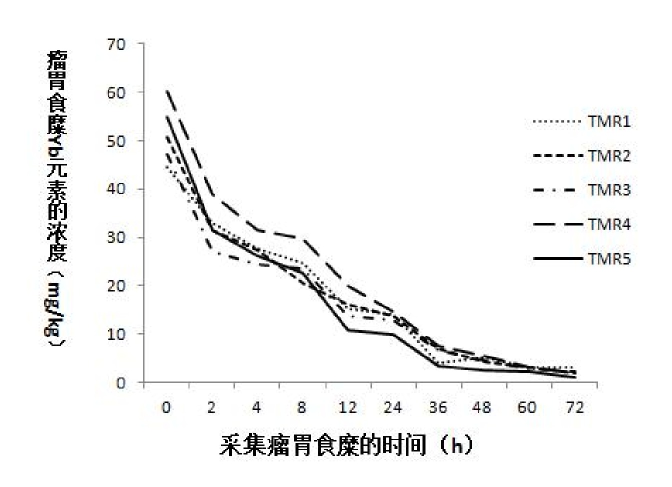


图1　瘤胃食糜外流速度

Fig.1　Outflow rate in rumen digesta

表3　5种TMR的瘤胃食糜外流速度

Table 3　outflow rate of rumen digesta of 5 kinds of TMR　　　%/h

项目 Item	组别 Groups					P 值 P-value
	TMR1	TMR2	TMR3	TMR4	TMR5	
外流速度 Outflow rate	4.00[a]	4.93[ab]	5.05[ab]	5.13[ab]	5.79[b]	0.017

同行数据肩标无字母或相同字母表示差异不显著(P＞0.05)，不同小写字母表示差异显著(P＜0.05)，不同大写字母表示差异极显著(P＞0.01)。下表同。

In the same row, values with no letter or the same letter superscripts mean no significant difference (P＞0.05), while with different small letter superscripts mean significant difference (P＜0.05), and with different capital letter superscripts mean significant difference (P＞0.01). The same as below.

2.2 5 种 TMR 的 DM、OM、CP 在瘤胃中的动态降解率

由表 4 可知，5 种 TMR 的 DM 降解率随瘤胃中滞留时间的延长均呈现极显著上升的趋势（P<0.01）。葡萄籽酿酒残渣水平对 DM 降解率产生了极显著影响（P<0.01），随着 TMR 中葡萄籽酿酒残渣水平的增加,DM 在瘤胃中的降解率逐渐降低后上升，各时间点平均值以 TMR4 组最低,为 39.45%,极显著低于其他 4 组(P<0.01),其他 4 组之间差异不显著(P>0.05)。

表 4 5 种 TMR 中 DM 在瘤胃中动态降解率

Table 4 Dynamic degradation rate of DM in rumen of 5 kinds of TMR %

时间 Time/h	组别 Groups				
	TMR1	TMR2	TMR3	TMR4	TMR5
0	13.97	16.29	13.44	15.57	15.05
2	26.58^{a}	24.94^{ab}	24.97^{ab}	21.71^{b}	27.69^{a}
4	27.96	28.18	28.18	26.29	28.92
8	33.57	31.05	34.75^{a}	30.79^{b}	32.74
12	40.26^{a}	39.32^{ab}	41.30^{a}	35.44^{b}	40.59^{a}
24	47.81^{a}	48.42^{a}	46.19^{ab}	43.79^{b}	47.69^{ab}
36	53.87^{ABa}	55.62^{Aa}	53.80^{ABa}	47.87^{Bb}	53.89^{ABa}
48	58.54	59.53	58.83	55.94	58.97
60	66.81^{a}	64.45^{ab}	63.08^{ab}	57.56^{c}	62.08^{b}
72	68.86^{Aa}	66.28^{ABa}	67.81^{ABa}	60.45^{Bb}	65.32^{ABa}
平均值 Mean	43.82^{Bb}	43.41^{Bb}	43.24^{Bb}	39.54^{Aa}	43.29^{Bb}
P 值 P-value	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

由表 5 可知，5 种 TMR 的 OM 降解率随瘤胃中滞留时间的延长均呈现极显著上升的趋势（P<0.01）。TMR4 组和 TMR5 组的 OM 降解率各时间点平均值极显著低于其他 3 组(P<0.01)，但这 2 组之间差异不显著(P>0.05)。

表 5 5 种 TMR 中 OM 在瘤胃中动态降解率

Table 5 Dynamic degradation rate of OM in rumen of 5 kinds of TMR %

时间 Time/h	组别 Groups				
	TMR1	TMR2	TMR3	TMR4	TMR5
0	10.98	12.51	12.81	12.21	13.21
2	22.96^{a}	21.08^{a}	22.69^{a}	18.94^{ab}	17.04^{b}
4	25.55	25.71	26.35	24.21	23.28
8	31.27^{ab}	29.41^{ab}	32.17^{a}	28.23^{b}	29.73^{ab}
12	37.76^{ab}	37.15^{ab}	39.06^{a}	33.58^{b}	35.15
24	46.54	45.98	45.27	42.38	42.06
36	53.97^{a}	53.97^{a}	52.16^{abc}	46.05^{c}	48.78^{bc}
48	57.82^{a}	58.37^{a}	57.04^{a}	54.65^{ab}	50.75^{b}
60	65.92^{Aa}	63.85^{ABab}	60.63^{ABab}	55.97^{Bb}	56.20^{Bb}

72	68.07^{Aa}	66.20^{Aa}	64.38^{ABab}	59.23^{Bb}	59.57^{Bb}
平均值 Mean	42.08^{Aa}	41.42^{Aa}	41.26^{Aa}	37.54^{Bb}	37.58^{Bb}
P 值 *P*-value	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

由表 6 可知，5 种 TMR 的 CP 降解率随瘤胃中滞留时间的延长均呈现极显著上升的趋势（*P*<0.01），CP 降解率在 60 h 之后趋于稳定，降解达到了平台期。各 TMR 组 CP 降解率各时间点平均值差异不显著(*P*>0.05)。

表 6　5 种 TMR 中 CP 在瘤胃中动态降解率

Table 6　Dynamic degradation rate of CP in rumen of 5 kinds of TMR　　%

时间 Time/h	组别 Groups				
	TMR1	TMR2	TMR3	TMR4	TMR5
0	31.56^{ab}	33.71^{a}	26.24^{b}	26.87^{b}	29.82^{ab}
2	40.18^{ab}	37.55^{ab}	37.94^{a}	32.15^{b}	35.96^{ab}
4	44.56^{a}	44.50^{a}	43.12^{ab}	41.97^{b}	42.20^{ab}
8	51.63	48.99	49.15	48.62	52.42
12	59.51^{a}	56.95^{ab}	56.50^{ab}	53.82^{b}	59.83^{a}
24	67.91	65.85	63.66	63.35	66.60
36	70.87	72.38	71.51	71.12	75.35
48	78.97	76.73	77.21	79.91	77.46
60	84.29	81.32	84.05	81.90	80.87
72	85.39	83.10	86.18	83.82	83.89
平均值 Mean	61.49	60.11	59.56	58.35	60.44
P 值 *P*-value	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

2.3　5 种 TMR 中 DM、OM、CP 在瘤胃中降解的动力学参数

由表 7 可知，各 TMR 组的 DM、OM 和 CP 的快速降解组分含量和降解速率均差异不显著（*P*>0.05）。TMR1 组的 DM 在瘤胃内的有效停留时间显著高于其他 4 组（*P*<0.05）。DM 有效降解率为 TMR1 组显著高于 TMR4 组和 TMR5 组（*P*<0.05），OM 有效降解率为 TMR1 组显著高于 TMR3 组、TMR4 组和 TMR5 组（*P*<0.05），CP 有效降解率为 TMR1 组显著高于其他各组（*P*<0.05）。

表 7　5 种 TMR 中 DM、OM、CP 在瘤胃中动力学参数

Table 7　Kinetic degradation parameters of DM, OM and CP of 5 kinds of TMR in rumen　　%

项目 Items	组别 Groups					*P* 值 *P*-value
	TMR1	TMR2	TMR3	TMR4	TMR5	
干物质 DM						
快速降解组分 Rapidly degraded fraction	19.82±1.76	19.11±0.13	18.71±1.49	18.25±0.99	20.03±1.21	0.420
慢速降解组分 Slowly degraded fraction	52.60±1.30	49.73±5.82	49.20±2.74	44.42±3.89	45.87±0.99	0.094
慢速降解组分的降解速率 Degradation rate	3.43±0.98	4.04±1.10	4.31±1.44	3.72±0.62	4.30±0.87	0.802

of slowly degraded fraction						
有效降解率 Effective degradability	43.74±1.63^{a}	41.01±0.43^{ab}	40.75±0.18^{ab}	36.85±1.54^{b}	39.41±1.91^{bc}	0.004
干物质在瘤胃内的有效停留时间 Effective residence time of DM in rumen/h	13.61±0.41^{a}	12.06±0.09^{b}	12.09±0.36^{b}	12.25±0.30^{b}	10.46±0.33^{c}	<0.001
有机物 OM						
快速降解组分 Rapidly degraded fraction	16.31±2.09	15.56±0.88	16.14±2.75	15.20±1.46	14.57±2.35	0.806
慢速降解组分 Slowly degraded fraction	54.31±1.91	53.87±7.96	45.75±8.23	45.65±4.13	47.33±6.85	0.356
慢速降解组分的降解速率 Degradation rate of slowly degraded fraction	3.65±0.73	4.14±1.77	4.29±1.51	3.88±0.572	4.55±2.04	0.674
有效降解率 Effective degradability	42.10±1.45^{a}	38.89±0.87^{ab}	36.19±2.25^{bc}	34.84±1.49^{c}	34.03±1.42^{c}	0.003
可发酵有机物 FOM	390.48±13.89^{a}	361.09±8.09^{b}	335.63±20.88^{c}	323.07±13.81^{c}	315.53±13.12^{c}	0.004
粗蛋白质 CP						
快速降解组分 Rapidly degraded fraction	34.77±0.54	32.55±2.20	31.62±2.58	29.30±1.71	30.88±5.21	0.166
慢速降解组分 Slowly degraded fraction	51.71±3.59	50.19±4.93	56.06±2.45	55.95±0.07	51.24±3.85	0.176
慢速降解组分的降解速率 Degradation rate of slowly degraded fraction	4.68±1.49	4.46±1.34	4.26±1.46	4.47±0.19	6.06±1.01	0.178
有效降解率 Effective degradability	61.97±1.82^{a}	57.89±3.11^{b}	56.66±0.09^{b}	55.33±1.08^{b}	57.01±1.84^{b}	0.016
瘤胃可降解蛋白质 RDP	70.96±2.08^{a}	65.82±3.53^{b}	66.12±1.0^{b}	63.63±1.34^{b}	65.16±2.10^{b}	0.020

由表8可知，随着葡萄籽酿酒残渣水平的不断增加，DM的有效降解率呈显著直线下降趋势（P=0.011）；OM的有效降解率呈极显著直线下降趋势（P=0.002）；而CP的有效降解率呈显著二次曲线下降趋势（P=0.020）。5组之间各项瘤胃动力学参数均无显著性差异，因此造成有效降解率发生显著性改变的主要因素是外流速度的不同。

表8 5种TMR中DM、OM、CP的瘤胃有效降解率

Table 8 Effective degradability of DM, OM and CP of 5 kinds of TMR in rumen %

	组别 Groups					*P* 值 *P*-value	
项目 Items	TMR1	TMR2	TMR3	TMR4	TMR5	线性 Linear	二次 Quadric
干物质 DM	43.74±1.63^{a}	41.01±0.43^{ab}	40.75±0.18^{ab}	36.85±1.50^{c}	39.41±1.91^{bc}	0.011	0.066
有机物 OM	42.10±1.45^{a}	38.89±0.87^{ab}	36.19±2.25^{bc}	34.84±1.49^{c}	34.03±1.42^{c}	0.002	0.365
粗蛋白质 CP	61.97±1.82^{a}	57.89±3.11^{b}	56.66±0.09^{b}	55.33±1.08^{b}	57.01±1.84^{b}	0.005	0.020

从表 9 可知，FOM、RDP、RENB 值均随葡萄籽酿酒残渣水平的增加呈线性下降趋势（P<0.001、P=0.006、P=0.005）。各 TMR 组的 RENB 值均为负值，表明随着葡萄籽酿酒残渣水平的增加，RDP 过剩，而 FOM 不足，需要补充 FOM 才能进一步提高 RDP 的利用效率。根据回归公式计算出 MCP 转化率，结果表明，TMR1 组和 TMR2 组的 MCP 转化率较高。

表9 5种TMR的瘤胃能氮平衡（干物质基础）

Table 9 RENB of 5 kinds of TMR in rumen （DM basis）

项目	组别 Groups					*P* 值 *P*-value
Items	TMR1	TMR2	TMR3	TMR4	TMR5	

						线性 Linear	二次 Quadric
粗蛋白质 CP/%	11.45	11.37	11.67	11.50	11.43		
有机物 OM/%	92.75	92.85	92.74	92.73	92.72		
可发酵有机物 FOM/(g/kg)	390.48±13.89^{a}	361.09±8.09^{b}	335.63±20.88^{c}	323.07±13.81^{c}	315.53±13.12^{c}	<0.001	0.062
瘤胃可降解蛋白质 RDP/(g/kg)	70.96±2.08^{a}	65.82±3.53^{b}	66.12±1.0^{b}	63.63±1.34^{b}	65.16±2.10^{b}	0.006	0.049
根据可消化有机物估测的微生物蛋白质 MCP_{FOM}/(g/kg)	56.62±1.97^{a}	52.36±1.17^{b}	48.67±3.03^{bc}	46.85±2.0^{c}	45.75±1.9^{c}	<0.001	0.100
根据瘤胃可降解蛋白质估测的微生物蛋白质 MCP_{RDP}/(g/kg)	63.86±1.87^{a}	59.24±3.18^{b}	59.51±0.90^{b}	57.27±1.11^{b}	58.65±1.89^{b}	0.009	0.065
瘤胃能氮平衡值 RENB value/(g/kg)	-7.24±1.43^{a}	-6.88±3.09^{a}	-10.84±2.48^{ab}	-10.42±2.06^{ab}	-12.89±2.17^{b}	0.006	0.805
微生物蛋白质转化率 MCP conversion rate/%	73.31	73.05	66.51	66.53	62.55		

3 讨 论

杜道全等[9]在饲粮中用葡萄籽粕替代等比例的苜蓿干草饲喂奶牛，发现在饲粮中添加2%~4%的葡萄籽粕对奶牛生产性能及个体情况没有不良影响；孙占鹏等[10]研究结果发现，在基础饲粮中添加 8%葡萄渣对提高成年母羊增重效果最好；张鹏等[3]在饲粮中使用葡萄籽粉替代 7%玉米饲喂成年母羊，不仅对羊增重有较好的促进作用，且可降低饲料成本，提高经济效益。本试验中在 TMR 中添加葡萄籽酿酒残渣对育肥羊的采食量并无显著影响，这可能与本试验采用限制性饲喂有关。

3.1 不同葡萄籽酿酒残渣水平 TMR 对瘤胃食糜外流速度的影响

育肥羊瘤胃食糜外流速度是指单位时间内从瘤胃中流出的固体或液体食糜的体积占瘤胃内容物体积的百分比，单位为%/h。外流速度是评定饲料 DM 及 CP 在瘤胃内有效降解率的重要参数之一，因此，准确评定动物在特定生理、饲养与环境等条件下的外流速度，对于准确评估饲料营养价值、科学配合饲粮具有非常重要的科学意义和实用价值。当食糜的外流速度提高时,反刍动物瘤胃对粗饲料的消化程度和整个消化道的消化率就会降低,反之则提高。而且流通速率是一个动态值。前人研究表明，动物的品种[11-12]、采食量[13-14]、饲粮精粗比和 NDF 水平[15]、饲养水平[17-18]等诸多因素都会影响外流速度的大小。

本文试验中在5种TMR等能等氮的条件下，TMR的NDF水平对瘤胃食糜外流速度的影响是显著的，与王海荣等[19]发现在绵羊进食的能氮量相似的情况下,TMR的纤维水平对消化道同一部位的食糜外流速度影响不显著的结论相反，这可能是由于TMR所选用的纤维源不同所造成的，纤维水平[20-21]、纤维质量[22-23]、纤维长度[24-25]等都会影响对纤维物质的利用，从

而导致试验结果的不同。Chase等[26]发现食糜通过率随饲粮纤维水平的降低而呈现线性下降的趋势，从3.90%/h降至3.68%/h，这与本试验的研究结果相一致。

3.2 不同葡萄籽酿酒残渣水平 TMR 对 DM、OM、CP 瘤胃动力学参数的影响

李文波等[27]研究发现，饲粮的降解率随着瘤胃微生物作用时间延长而升高。本试验也得到了类似结果，随着TMR在瘤胃内停留时间的延长，DM、OM、CP的降解率随之提高，并最终趋于平衡。

有研究表明，在营养水平相近时，改变精粗比必然导致饲粮组成的变化，可以影响瘤胃微生物的数量，进而影响饲粮中各养分的降解率[28-29]。薄玉琨等[30]在尼龙袋试验中发现，同白酒糟相比，醋糟的DM消化率较低，这与醋糟中相对较高的NDF水平有关。本试验中，随着TMR葡萄籽酿酒残渣水平依次增加，精料比例相应降低，DM、OM、CP的降解率逐渐下降后趋于稳定或略有上升，与前人研究结果一致[31]，TMR5组降解率呈上升趋势这可能与尼龙袋试验中尼龙袋冲洗不足有关[32]。粗饲料的蛋白质多存在于细胞内容物中，蛋白质的降解速度取决于植物细胞壁的纤维结构。因此，饲粮中纤维物质的降解情况对CP的降解率有重大的影响。刘海霞等[33]采用尼龙袋法测定绵羊常用粗饲料瘤胃DM和CP的降解率，发现饲粮中粗纤维水平相对高时可能导致瘤胃中CP降解率下降，与本试验研究结果一致。

3.3 不同葡萄籽酿酒残渣水平 TMR 对 RENB 的影响

MCP是小肠可代谢蛋白质的主要来源，瘤胃MCP的合成与RDP和FOM的利用率密切相关，当FOM提供的能量与瘤胃RDP的降解量达到平衡时，MCP合成率最高。本试验中，5种TMR均为瘤胃能氮负平衡型，表明5种TMR的RDP过剩，TMR氮利率较低，FOM低于平衡需要，代谢能量成为了限制因子，瘤胃内能量和RDP比例失衡导致了饲料间负组合效应。陈喜斌等[34]发现RDP转化为微生物氮的效率受饲粮蛋白质降解率、降解速度及RDP与微生物可利用能平衡的影响。本试验中，饲粮的蛋白质降解率随葡萄籽酿酒残渣水平的增加而降低，使RDP转化为微生物氮的效率也随之降低，导致了RENB值随TMR葡萄籽酿酒残渣水平的增加而下降，应该补充FOM进一步提高RDP的利用效率，使FOM与RDP达到平衡，促使MCP合成最大化。

4 结 论

① 随着 TMR 中葡萄籽酿酒残渣水平的增加，瘤胃食糜的外流速度呈线性增高，导致

TMR 养分的瘤胃有效降解率先下降后趋于稳定或略有上升。

② 葡萄籽酿酒残渣水平超过 TMR 的 12.5%时将导致 DM 有效降解率、MCP、FOM 显著降低，MCP 合成受到影响。

③ 育肥羊 TMR 中葡萄籽酿酒残渣的适宜水平为 8.33%~12.5%。

致谢：

对试验过程中给予帮助和支持的新疆农业大学动物科技学院的李凤鸣和李昊老师表示诚挚的谢意!

参考文献：

[1] 谢晓晖,付锦锋,苏杰南.葡萄籽的研究进展及在饲料中的应用前景[J].饲料研究,2014(15):6–8,21.

[2] 吴建敏,承尧兴,徐俊,等.葡萄籽残渣饲喂奶牛的效果研究[J].中国畜牧杂志,2007,43(7):62–63.

[3] 张鹏,孙占鹏,张雪山,等.葡萄籽粉替代玉米对成年母羊体重和经济效益的影响[J].中国畜牧兽医,2013,40(4):245–247.

[4] 高巍,卜登攀,李永刚,等.葡萄籽粕对反刍动物营养价值的综合评定研究[C]//中国畜牧兽医学会动物营养学分会.第七届中国饲料营养学术研讨会论文集.郑州:中国畜牧兽医学会动物营养学分会,2014.

[5] 杨胜.饲料分析及饲料质量检测技术[M].北京:北京农业大学出版社,1993.

[6] Statistical analysis system.SAS user’s guide:statistics[M].Cary,NC:SAS Inst,Inc.,2000.

[7] ØRDKOV E R,MCDONAL I.The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weight edaccording to rate of passage[J].Journal of Agricultural Science,1979,92(2):499–503.

[8] 冯仰廉,莫放.动物营养研究进展[M].北京:中国农业科技出版社,1994.

[9] 杜道全,杨文华.葡萄籽粕在奶牛日粮中的应用研究[J].河南畜牧兽医,2009,30(8):28–29.

[10] 孙占鹏,王曦,李会菊,等.日粮中添加不同剂量葡萄渣对成年羊增重效果的影响[J].中国草食动物,2010,30(1):46–48.

[11] HADJIPANAYIOTOU M.Fractional outflow of soybean meal from the rumen,water intake

and ruminal fermentation pattern in sheep and goats at different seasons and age groups[J].Small Ruminant Research,1995,17(2):137–143.

[12] AIKMAN P C,REYNOLDS C K,BEEVER D E.Diet digestibility,rate of passage,and eating and rumination behavior of Jersey and Holstein cows[J].Journal of Dairy Science,2007,91(3):1103–1114.

[13] TAMMINGA S,ROBINSON P H,VOGT M,et al.Rumen ingesta kinetics of cell wall components in dairy cows[J].Animal Feed Science and Technology,1989,25(1/2):89–98.

[14] ROBINSON P H,TAMMINGA S,VAN VUURAN A M.Influence of declining level of feed intake and varying proportion of starch in the concentrate on rumen ingesta quantity,composition and kinetics of ingesta turnover in dairy cows[J].Livestock Production Science,1987,17:37–62.

[15] BOSCH M W,LAMMERS-WEINHOVEN S C W,BANGMA G A,et al.Influence of stage of maturity of grass silages on digestion processes in dairy cows.2.Rumen contents,passage rates,distribution of rumen and faecal particles and mastication activity[J].Livestock Production Science,1992,32(3):265–281.

[16] COLUCC P E,MACLEOD G K,GOVUM W L,et al.Digesta kinetics in sheep and cattle fed diets with different forage to concentrate ratios at high and low intakes[J].Journal of Dairy Science,1990,73(8):2143–2156.

[17] 贺鸣.TMR中粗饲料不同颗粒大小对干奶牛咀嚼行为和瘤胃发酵的影响[D].硕士学位论文.北京:中国农业大学,2005.

[18] BERNAD L,CHAISE J P,BAUMONT R,et al.The effect of physical form of orchardgrass hay on the passage of particulate matter through the rumen of sheep[J].Journal of Animal Science,2000,78(5):1338–1354.

[19] 王海荣,侯先志,王贞贞,等.日粮纤维水平对绵羊消化道不同部位固相食糜流通速率和纤维消化的影响[J].西北农林科技大学学报（自然科学版）,2009,37(10):55–61.

[20] 汪水平,王文娟,王加启,等.不同日粮对奶牛养分消化的影响[J].浙江大学学报（农业与生命科学版）,2007,33(4):435–442.

[21] BODDUGARI K,GRANT R J,STOCK R,et al.Maximal replacement of forage and concentrate with a new wet corn milling product for lactating dairy cows[J].Journal of Dairy Science,2001,84(4):873–884.

[22] LINTON J A V,ALLEN M S.Nutrient demand interacts with forage family to affect intake and digestion responses in dairy cows[J].Journal of Dairy Science,2008,91(7):2694–2701.

[23] 张吉鹍,卢德勋,胡明,等.不同粗饲料分级指数混合日粮对绵羊消化道食糜流通速率及营养物质消化率的影响研究[J].中国畜牧杂志,2005,41(6):31–34.

[24] BEAUCHEMIN K A,YANG W Z,RODE L M.Effects of particle size of alfalfa-based dairy cow diets on chewing activity ,rumen fermentation,and milk production[J].Journal of Dairy Science,2003,86(2):630–643.

[25] YANG W Z,BEAUCHEMIN K A.Effects of physically effective fiber on chewing activity and ruminal pH of dairy cows fed diets based on barley silage[J].Journal of Dairy Science,2006,89(1):217–228.

[26] CHASE C C Jr,HIBBERD C A.Utilization of low quality native grass hay by beef cows fed increasing quantities of corn grain[J].Journal of Animal Science,1987,65(2):557–566.

[27] 李文波,刘占发,刘立刚,等.不同能量水平日粮对中卫山羊瘤胃降解率的影响[J].中国畜牧兽医,2008,35(6):9–13.

[28] 徐晓娜,李文立.日粮精粗比对羊瘤胃微生物、环境及饲料消化率的影响[J].粮食与饲料工业,2013,12(1):57–59.

[29] 朱素华.日粮碳水化合物结构对山羊瘤胃发酵和氮代谢的影响[D].硕士学位论文.扬州:扬州大学,2010.

[30] 薄玉琨,杨红建,王雯熙,等.采用尼龙袋法和体外产气法对白酒糟和醋糟营养价值的评定和比较[J].草食家畜,2011(3):34–38.

[31] 王林,赵臣,曾燕霞,等.不同精粗比饲粮中添加甘露寡糖对绵羊瘤胃养分降解率的影响[J].动物营养学报,2017,29(7):2556–2564.

[32] 杨静,姜淑贞,杨在宾,等.影响尼龙袋法测定营养物质在反刍动物瘤胃降解率的因素[J].中国饲料,2014(8):11–13.

[33] 刘海霞,刘大森,隋美霞,等.羊常用粗饲料干物质和粗蛋白的瘤胃降解特性研究[J].中国畜牧杂志,2010,46(21):37–42.
[37]陈喜斌,冯仰廉.日粮降解氮转化为瘤胃微生物氮效率影响因素的研究[J].中国畜牧杂志,1995(4):3–5.

Effective Degradability of Total Mixed Ration with Different Levels of Brewing Residue of Grape Seed in Rumen of Fattening Sheep

GAO Xinmei　ZHENG Fan　TANG Fu　JIA Chunyun　YANG Zhenhua　GAO Wei*
(*College of Animal Science and Technology*, *Shihezi University*，　*Shihezi* 83200，　*China*)

Abstract: The purpose of this experiment was to evaluate the effective degradability of total mixed ration （TMR） with different levels of brewing residue of grape seed （GSBR） in rumen of fattening sheep. Three Kazakh wethers weighed（35.0±3.7）kg with permanent rumen cannulas were used as experimental animals. The test consists of five periods, rumen perfusion tests were conducted using TMRs with different GSBR levels [0 (TMR1), 4.17% (TMR2), 8.33% (TMR3), 12.50% (TMR4) and 16.67% (TMR5)], respectively. The tests were carried out from low to high GSBR levels. Each period lasted for 15 d, day 1 to 7 was for pre-test period, day 8 to 12 was for continuous perfusion period, and day 13 to 15 was for sampling period. At the same time, the nylon bag test was carried out on day 13 to 15 of each period. Ytterbium-acetate (Yb-ac) was used as the marker for digesta, and its decay curve was mapped to calculate outflow rate (Kp) using nonlinear regression；　degradation kinetic parameters of dry matter (DM), organic matter (OM) and crude protein (CP) were evaluated, and ruminal effective degradability was calculated. The results showed as follows: ruminal digesta Kp had significantly linearly positive relationship with GSBR level (r=0.607 0, P<0.05); effective degradability of DM, OM and CP showed then tendency of firstly decrease and then stable or slightly increase with the increase of GSBR level in TMR, TMR4 and TMR5 groups were significantly lower than TMR1 group (P<0.05); the five TMRs were all ruminal energy and nitrogen negative balance type, and ruminal energy nitrogen balance value was linearly decreased with the increase of the GSBR level （P=0.005 5）. In

*Corresponding author, professor, E-mail: gw@shzu.edu.cn　　(责任编辑　王智航)

conclusion, the optimal level of GSBR in TMR for fattening sheep is 8.33% to 12.5%.

Key words: outflow rate; ruminal degradability; effective degradability; ruminal energy and nitrogen balance; fattening sheep